

Estado esquelético de masa ósea de jóvenes practicantes de atletismo

State skeletal bone mass of young amateur athletes

Evandro Lázari¹, Jose Damián Fuentes López², Rossana Gómez Campos^{3,4},

¹Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Campinas

²Universidad Nacional del Altiplano Puno, Perú.

³Universidad Autónoma de Chile, Chile.

⁴Grupo Interdisciplinar de Estudios e Investigación en Ciencias de la salud y deporte. GEISADE. Universidad Autónoma de Chile, Chile.

RESUMEN

Objetivos: Determinar el estado esquelético de masa ósea de jóvenes practicantes de atletismo y compararlo con una referencia internacional.

Material y Métodos: Se estudiaron 31 jóvenes de sexo masculino practicantes de atletismo, cuya edad oscila entre 13-16 años. Se valoró las medidas antropométricas de peso, estatura, talla sentada, pliegue tricipital y subescapular. Se calculó el % de grasa y el pico de velocidad de Crecimiento (PVC) de forma transversal. La cantidad de masa ósea se midió a través de la tecnología QUS (IGEA® CARPI, Italia) en las falanges de la mano no-dominante en el modo de (AD-SoS m/s).

Resultados: El Pico de Velocidad de Crecimiento (PVC) se presentó a los 13,3±0,4 años. La cantidad de masa ósea (AD-SoS m/s) aumenta en función de la edad, del crecimiento y la maduración somática. Los atletas del estudio muestran valores promedios más altos que la referencia en función de la edad cronológica desde los 13 hasta los 15 años ($p < 0,05$). A los 16 años los valores son similares ($p > 0,05$).

Conclusión: La cantidad de masa ósea aumenta durante la adolescencia, consecuentemente los jóvenes atletas presentan mayor masa ósea desde los 13 hasta los 15 años en relación a la referencia internacional. Los resultados sugieren que los ejercicios de alto impacto contribuyen al aumento de la masa ósea en jóvenes practicantes de atletismo.

Palabras claves: estado esquelético, crecimiento, maduración, jóvenes.

ABSTRACT

Objectives: To determine the state of skeletal bone mass of young amateur athletes and compared to an international reference.

Material and Methods: 31 young male amateur athletes, ranging in age from 13-16 years were studied. Anthropometric measurements of weight, height, sitting height, triceps and subscapular skinfold were assessed. % Fat and peak growth velocity (PVC) was calculated transversely. The amount of bone mass was measured by QUS (Igea® Carpi, Italy) technology in the phalanges of the nondominant hand mode (AD-SoS m/s).

Results: The peak growth rate (PVC) was presented to the 13,3 ± 0.4 years. The amount of bone mass (AD-SoS m/s) increases with age, somatic growth and maturation. Athletes of the study show higher than the reference function of chronological age from 13 to 15 years ($p < 0.05$) averages. At 16 values are similar ($p > 0.05$).

Conclusion: The amount of bone mass increases during adolescence, young athletes consistently exhibit higher bone mass from 13 to 15 years in relation to the international benchmark. The results suggest that high-impact exercise contribute to increased bone mass in youth amateur athletes.

Keywords: skeletal status, growth, maturation, young.

Recibido: 10-02-2014
Aceptado: 31-03-2014

Correspondencia:

Rossana Gómez C.
Av. Erico Verissimo 701
Cidade Universitaria, CEP,
13083-851
Campinas, SP, Brasil.
E-mail:
pesquisadores@gmail.com

Introducción

El desarrollo del esqueleto comienza en el útero y continúa durante dos décadas de la vida¹, alcanzando por lo menos 90% de toda la masa ósea al final de la adolescencia². Se considera como principales factores determinantes de la masa ósea máxima, la genética, el estado hormonal, ingestión de calcio y la actividad física^{3,4}, pues es ampliamente conocido que la infancia y la adolescencia son periodos cruciales para la formación de una adecuada estructura esquelética^{5,6}.

En este sentido, durante el período del crecimiento y desarrollo su valoración podría proporcionar valiosa información sobre la calidad y cantidad ósea, tanto en poblaciones de deportistas, como en no deportistas, inclusive durante los últimos años existe énfasis en estudiar los efectos sobre la masa ósea en deportistas y la posibilidad de prevenir osteoporosis en el futuro⁷, pues, atletas adolescentes presentan necesidades energéticas diferentes en relación a los atletas adultos⁸, así como el ejercicio físico intenso desencadena disminución de la masa ósea, siempre que no exista una adecuada alimentación, aunque por lo general, el ejercicio físico intenso contribuye en un mayor beneficio para la masa ósea y la geometría del hueso^{9,10} en especial los ejercicios de alto impacto⁷.

Por lo tanto, hay necesidad de dar mayor atención no sólo en la adecuación energética y en el consumo de proteínas, sino también, en la ingestión de fluidos antes, durante y después del ejercicio físico¹¹.

En general, hay evidencias que sugieren que la actividad física y en menor proporción la ingestión de calcio en la adolescencia y en los jóvenes adultos son determinantes de la masa ósea máxima^{12,13}, por lo que durante el periodo del crecimiento se presenta la mejor oportunidad para ganar densidad ósea, así como también para modificar el tamaño del esqueleto y su arquitectura¹⁴. De hecho, la adquisición de la masa ósea ocurre en las chicas entre los 11 a 14 años y en los chicos entre 13 a 17 años, respectivamente⁶. A este respecto, destacamos que poco o nada se conoce en relación a la cantidad y calidad ósea en jóvenes atletas del Brasil. Es por esta razón que es necesario contar con parámetros de referencia para poder caracterizar el estado esquelético de jóvenes practicantes de atletismo. Por lo tanto, el objetivo del estudio fue determinar el estado esquelético en cantidad de masa ósea de jóvenes practicantes de atletismo y comparar con una referencia internacional.

Material y Métodos

Muestra

El tipo de estudio es descriptivo-comparativo¹⁵. Fueron seleccionados 31 atletas de sexo masculino de forma no-probabilística (accidental) con un rango de edad de 13-16 años (promedio de edad de 14,10±1,04 años, peso 52,2±9,3kg y estatura 166,6±10,5cm y %G 12,9±3,8%). Todos los atletas pertenecían a un club deportivo de la Municipalidad de Campinas, Sao Paulo (Brasil). El Club se encontraba afiliado a la Federación Brasileira de Atletismo desde el año 2008 hasta la fecha.

Los jóvenes atletas antes de ser evaluados realizaban entrenamiento sistemático en el club durante

dos años consecutivos (2010-2011) en la especialidad de Velocidad y el periodo en la que se encontraban durante la evaluación fue al inicio de la etapa competitiva. Las sesiones de entrenamiento que desarrollaban por día fueron de 120min/día para los chicos de 13-14 años y para los de 14-16 años de 150min/día, totalizando 6 sesiones de entrenamiento por semana. Durante los dos últimos años, los atletas entrenaban bajo el modelo de Bloques propuesto por Verkhoshansky¹⁶. Este modelo consistió básicamente en desarrollar tres fases denominados bloques considerados de alta intensidad: a) la primera etapa con gran cantidad de volumen de preparación específica para luego disminuir rápidamente, b) la segunda basada en cargas específicas más intensas (incluyendo ejercicios de competición y de recuperación acelerada) y c) la tercera fase denominada de competición. Los tipos de ejercicios se orientaron a la preparación de la fuerza, velocidad, agilidad y coordinación, manteniendo como característica principal los ejercicios de alto impacto.

Se incluyeron en el estudio a todos los chicos, cuyos padres y/o apoderados autorizaron la evaluación de las medidas antropométricas y la medición del estado esquelético y fueron excluidos los que presentaban lesiones deportivas y los que tenían menos de dos años de antigüedad en el Club.

El estudio fue autorizado por el Comité de Ética de la Facultad de Medicina de la Universidad Estadual de Campinas SP (Brasil). Los padres y/o responsables por los jóvenes atletas firmaron la ficha de consentimiento para autorizar las correspondientes evaluaciones.

Técnicas y procedimientos

Toda la recolección de datos se llevó a cabo en las instalaciones de la Facultad de Educación Física de la Universidad Estadual de Campinas SP (Brasil), específicamente en un laboratorio cerrado, manteniendo una temperatura entre 20-24°C. La recolección de datos duró dos días. Las mediciones se realizaron entre las 9-10am, cuyas variables antropométricas tuvieron un único responsable con certificación ISAK nivel III y el estado esquelético fue realizado por un segundo evaluador con amplia experiencia en el uso de la técnica de la ultrasonografía QUS.

Para la medición de las variables antropométricas se utilizó las sugerencias de Ross & Marfell-Jones. El peso corporal (kg) se evaluó utilizando una báscula digital Seca 220® con una precisión de (100g) y con una escala de de 0 a 150kg. La estatura se midió (cm) a través de un estadiómetro de aluminio Seca 220® con una precisión de 0,1cm y con una escala de 0 a 250cm. La estatura Tronco-Cefálica (Talla sentado) se evaluó utilizando un banco de aluminio de 50cm de altura y un estadiómetro de 0 a 150cm, con precisión de 0,1cm. Los pliegues cutáneos tricipital y subescapular se evaluaron de acuerdo a las líneas de clivaje a través del uso de un calibrador de grasa Lange que ejerce una presión constante de (10g/mm²).

El porcentaje de grasa (%G) se determinó por medio de la ecuación de regresión propuesta por Boileau et al¹⁸ para hombres de todas las edades, siendo la fórmula utilizada: %G= 1,35(∑ TR+SE) - 0,012 (∑ TR+SE)² - 4,4, donde TR es el pliegue tricipital y SE subescapular.

La maduración somática fue determinada por la técnica no-invasiva propuesta por Mirwald et al¹⁹. Esta técnica permite el cálculo del Pico de Velocidad de Crecimiento (PVC) de forma transversal. El resultado es interpretado a través de ocho niveles en años (-4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3), donde el cero (0) significa el momento del PVC. Esta técnica usa la interacción de la edad y medidas antropométricas como peso, estatura, estatura sentada y longitud de miembros inferiores para predecir el PVC a través de una ecuación de regresión múltiple: $PVC = -9,232 + 0,0002708 (LMI*ATC) - 0,001663 (Edad*LMI)$

V de la mano no-dominante. El acoplamiento acústico se consigue utilizando un gel estándar de contacto para ultrasonidos. Todo el procedimiento de evaluación se realizó por un solo evaluador con amplia experiencia según las recomendaciones de Halaba & Pluskiewicz²². Para comparar la cantidad ósea (AD-SoS m/s) de los atletas del estudio se utilizó la referencia propuesta por Halaba & Pluskiewicz²².

Para garantizar la calidad de las medidas realizadas en el estudio, se evaluó en dos oportunidades todas las variables. El Error Técnico de Medida

Tabla 1. Caracterización general de la muestra estudiada.

PVC	N	Peso Corporal (kg)		Estatura (cm)		ATC (cm)		%G	
		X	DE	X	DE	X	DE	X	DE
-1	3	37,2	0,7	147,5	5	73,1	1,3	12,1	1,4
0	6	46,5	3,7 ^a	159,5	4,4 ^a	79,4	1,2 ^a	11,7	5,2
1	7	49	3,4 ^{ab}	165	4,7 ^{ab}	82,5	2,5 ^{ab}	12,5	4,6
2	6	57,2	2,9 ^{abc}	172,8	7,2 ^{abc}	88,1	2,4 ^{abc}	14,4	2,2
3	8	60,6	7,0 ^{abcd}	174,2	3,8 ^{abc}	91,1	0,8 ^{abcd}	12,1	2,8

Leyenda: PVC Pico de Velocidad de Crecimiento, ATC altura tronco-Cefálica (talla sentado), %G porcentaje de grasa. a: Diferencia significativa en relación al nivel -1, b en relación al nivel 0, c en relación al nivel 1, d en relación al nivel 2.

+ 0,007216 (Edad*ATC) + 0,02292 (Peso/Estatura), donde LMI es Longitud de Miembros inferiores, ATC Altura Tronco-Cefálica (Talla sentado).

El estado óseo en cantidad de masa ósea (AD-SoS m/s) se valoró mediante mediciones de las falanges proximales utilizando el dispositivo DMB Sonic 1200 (IGEA, Carpi, Italy) al igual que algunos estudios^{20,21}. Este dispositivo está equipado con dos sondas de montaje en una pinza electrónica. El emisor se coloca sobre una superficie medial de la falange en un solo periodo de al menos 1,25MHZ cada 128ms. El receptor se coloca en el lado lateral de la falange y evalúa la velocidad de propagación del sonido a través de la falange. El sistema de medida por medio del ultrasonido de falanges se realizó en las falanges proximales de los dedos II, III, IV y

observado (ETM) en las medidas antropométricas fue de 2-3% y en la cantidad ósea en el modo de (AD-SoS m/s) fue de 3-4%, respectivamente.

Análisis estadístico

La distribución normal de los datos fue verificada a través de la prueba Shapiro Wilks. Los resultados fueron analizados a través de la estadística descriptiva de media aritmética y desviación estándar. Las comparaciones entre edades cronológicas y entre niveles de maduración somática (PVC) se realizó por medio de ANOVA de dos vías con una probabilidad de ($p < 0,05$). Para comparar los valores del estado esquelético del estudio y la referencia se utilizó test de Student para muestras independientes y la prueba de

Tabla 2. Valores medios y \pm DE de la cantidad ósea (AD-SoS m/s) en función de la maduración somática y la edad decimal.

PVC (niveles)	N	Edad (años)		AD-SoS (m/s)	
		X	DE	X	DE
-1	3	12,7	0,1	1997	8,5
0	6	13,3	0,4	2017,5	41,6
1	7	13,8	0,8	2033	29,1
2	6	14,3	0,5	2067,7	74,4
3	8	15,4	0,4	2089,6	41,1*

Leyenda: * diferencia significativa en relación al nivel 1.

especificidad de Tukey ($p < 0,05$). Todo el procesamiento de la información se realizó en el programa estadístico SPSS® 18,0.

Resultados

La tabla 1 muestra los valores medios y \pm DE de las variables antropométricas del peso, estatura y %G en función de la maduración somática y edad decimal. Se evidencia un aumento creciente del peso, estatura tronco-cefálica y la estatura con el transcurso de la edad y la maduración. El %G varía a lo largo de las edades entre 11,7 a 14,4%.

Los valores de cantidad ósea (AD-SoS m/s) en función de la edad y el nivel de maduración somática se observan en la tabla 2. El PVC se produce a los $13,30 \pm 0,4$ años. Los valores de cantidad ósea son relativamente similares desde los 12,7 hasta los 14,3 años y se incrementan de forma significativa sólo a partir de los $15,4 \pm 0,4$ años (nivel 3).

Las comparaciones del (AD-SoS m/s) de los atletas del estudio con la referencia de Halaba & Pluskiewicz²² en función de la edad cronológica se observa en la figura 1. Nótese las diferencias ($p < 0,05$) en las edades de 13, 14 y 15 años; sin embargo, a los 16 años no hubo diferencias significativas ($p > 0,05$).

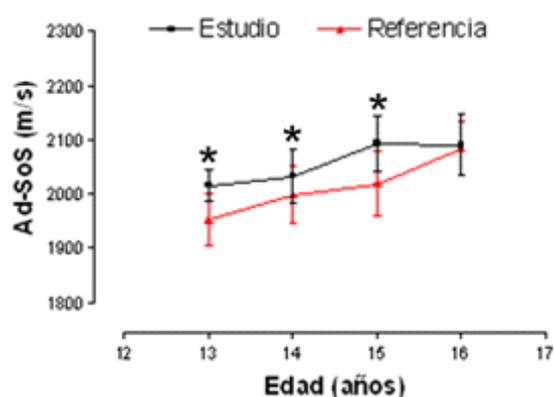


Figura 1. Comparación de valores de AD-SoS m/s entre el estudio y la referencia internacional.

Discusión

El presente estudio tuvo como primer objetivo determinar el estado esquelético en cantidad de masa ósea en jóvenes practicantes de atletismo (velocidad) a través del uso de la tecnología QUS en las falanges de la mano no-dominante. Los resultados demostraron que los jóvenes atletas de la especialidad de velocidad aumentan de forma progresiva la cantidad de masa ósea (AD-SoS m/s) con el transcurso de la edad, maduración somática y el crecimiento físico, desde los 13 hasta los 16 años. En este sentido, son varios los estudios que permitieron contrastar los resultados obtenidos en el estudio, como los efectuados por Baroncelli et al²³ y Barkman et al²⁴, en los que se utilizaron la tecnología QUS y evaluaron las falanges de la mano no-dominante,

inclusive, Sundberg et al obtuvieron similares resultados al medir la cantidad de masa ósea con la tecnología QUS, pero en otra región anatómica (talón) de niños y adolescentes. Tales estudios transversales realizados en muestras de no-atletas evidenciaron incrementos de masa ósea conforme la edad avanza y los aumentos significativos se produjeron durante la etapa de la adolescencia, a su vez, algunos estudios que utilizaron la absormetría de rayos X (DEXA)^{26,27}, también verificaron mayor aumento durante la pubertad, lo que refuerza nuestros hallazgos, a su vez, consideran relevante valorar el estado esquelético durante la fase de crecimiento y desarrollo, lo que permitiría prevenir riesgos de fracturas a edades cada vez más tempranas.

Respecto al mayor aumento de masa ósea, se verificó que a los $15,4 \pm 0,4$ años se produjo el pico de masa ósea, es decir, tres años después de presentarse el Pico de Velocidad de Crecimiento (maduración somática). Estos hallazgos se corroboran con otros estudios^{22,28,29}, en el que destacan que el mayor aumento generalmente se produce entre los 13 a 18 años, con lo que queda claro que la adolescencia es una etapa crucial para el incremento en el contenido mineral óseo, que por lo general aumenta durante la infancia, alcanzando una tasa máxima de acumulación durante la pubertad³⁰.

El segundo objetivo del estudio se refiere a la comparación con la referencia internacional propuesta por Halaba & Pluskiewicz²². Los resultados muestran que los atletas del estudio presentan mayor contenido mineral óseo desde los 13 hasta los 15 años de edad, sin embargo, a los 16 años, no hubo diferencias. Estos hallazgos permiten afirmar en particular que el ejercicio físico se encuentra asociado a una mayor densidad mineral ósea en deportistas^{10,31,32}, a su vez, algunos estudios consideran que los ejercicios de alto impacto son los que contribuyen en un mayor beneficio para la masa ósea y la geometría del hueso⁷. Evidentemente, los atletas del estudio durante todo el ciclo de preparación, entrenaban bajo el modelo de Bloques de Verkonshasky¹⁶, lo que de algún modo podría explicar en parte la mayor densidad mineral ósea (AD-SoS m/s). De hecho, gran parte de este modelo utilizado se basa en el entrenamiento de la fuerza. En este sentido, autores como Chilibeck et al¹⁰ refuerzan nuestros hallazgos, ya que consideran que por lo general el entrenamiento de la fuerza mejora la densidad mineral ósea de los atletas en relación al entrenamiento de la resistencia aeróbica.

En general, el ejercicio físico está positivamente asociado con una mayor densidad ósea^{32,33} y básicamente la fuerza y la masa muscular se correlacionan con la densidad ósea^{7,10,35}. Por lo tanto, la valoración de la masa ósea, independientemente del tipo de tecnología contribuye al diagnóstico y a la prevención de riesgos y/o al tratamiento de la masa ósea en edades cada vez más precoces como en el caso específico de jóvenes atletas estudiados. De esa forma, la tecnología QUS que valora la cantidad de masa ósea en las falanges de la mano no-dominante es una alternativa para valorar las propiedades de la estructura ósea (Halaba et al, 2007), no sólo en poblaciones de no-atletas, sino también en practicantes y atletas de diversas modalidades deportivas.

Por otro lado, es necesario destacar que durante la realización del estudio no se pudo controlar algunas variables intervinientes, como la selección de la muestra

(no-probabilística) y el tipo de alimentación. La imposibilidad de controlar tales variables limitan los resultados del estudio al grupo estudiado, puesto que la selección de tipo accidental de la muestra impide la generalización de los resultados a otros grupos de atletas y especialidades, inclusive, el tipo de alimentación y el posible uso de suplementos podría originar sesgo en los resultados obtenidos. Sugerimos para futuros estudios la posibilidad de controlar tales variables, así como comparar con un grupo de control y evaluar la cantidad ósea de forma longitudinal.

Se concluye que la cantidad de masa ósea aumenta durante la fase de la adolescencia consecuentemente los jóvenes atletas presentan mayor cantidad de masa ósea desde los 13 hasta los 15 años en relación a la referencia internacional. Los resultados sugieren que el ejercicio físico intenso y de alto impacto contribuye al aumento de la masa ósea en jóvenes practicantes de atletismo de la especialidad de velocidad.

Conflicto de intereses: Los autores declaramos no tener ningún tipo de conflicto.

Referencias bibliográficas

- Halaba ZP, Bursa J, Kostowska K, Pluskiewicz W, Marciniak S, Drzewiecka U. Phalangeal quantitative ultrasound measurements in former preterm children aged 9–11 years. *The British Journal of Radiology* 2007; 80: 401–405.
- Bayley DA, Falukner RA, Mackay HA. Growth, physical activity, and bone mineral acquisition. *Exercise and sport science reviews* 1996; 24: 23–266.
- Boot AM, de Ridder MA, Pols HAP, Krenning EP, de Munick Keizer-Schrama SMPF. Bone mineral density in children and adolescents: relation to puberty, calcium intake, and physical activity. *J Clin Endocrinol Metab* 1997; 82: 57–62.
- Lehtonen-Veromaa M, Mottonen T, Nuotio I, Heinonen OJ, Viikari J. Influence of physical activity on ultrasound and dual-energy x-ray absorptiometry bone measurements in peripubertal girls: A cross-sectional study. *Calcif Tissue Int* 2000; 66: 248–254.
- Bonjour JP, Theintz G, Buchs B, Slosman D, Rizzoli R. Critical years and stages of puberty for spinal and femoral bone mass accumulation during adolescence. *J Clin Endocrinol Metab* 1991; 73: 555–63.
- Theintz G, Buchs B, Rizzoli R, Slosman D, Clavien H. Longitudinal monitoring of bone mass accumulation in healthy adolescents: evidence for a marked reduction after 16 years of age at the levels of lumbar spine and femoral neck in female subjects. *J Clin Endocrinol Metab* 1992; 75: 1060–5.
- Petersson U, Nordström P, Alfredson H, Henriksson-Larsen K, Lorentzon R. Effect of high impact activity on bone mass and size in adolescent females: a comparative study between two different types of sports. *Calcif Tissue Int* 2000; 67: 207–14.
- Almeida TA, Soares EA. Perfil dietético e antropométrico de atletas adolescentes de voleibol. *Rev Bras Med Esporte* 2003; 9(4).
- MacKelvie KJ, Khan KM, McKay HA. Is there a critical period for bone response to weight-bearing exercise in children and adolescents? A systematic review. *Br J Sports Med* 2002; 36: 250–7.
- Chilibeck PD, Sale DG, Webber CE. Exercise and bone mineral density. *Sports Med* 1995; 19: 103–22.
- Thompson JL. Energy balance in young athletes. *Int J Sport Nutr* 1998; 8: 160–74.
- Valimaki MJ, Karkkainen M, Larnberg-Allardt C, Laitinen K, Alhava E, Heikkinen J, Impivaara O, Makela P, Palmgren J, Seppanen R, Vuori I. Exercise, smoking and calcium intake during adolescence and early adulthood as determinants of peak bone mass. *Br Med J* 1994; 309: 230–235.
- Khan K, Bennell KL, Hopper JL, et al. Self-reported ballet classes undertaken at age 10–12 years and hip bone mineral density in later life. *Osteoporosis Int* 1998; 8: 165–173.
- Marcus R. Role of exercise in preventing and treating osteoporosis. *Rheum Dis Clin North Am* 2001; 27: 131–41.
- Thomas JR, Nelson JK. Research methods in physical activity. *Human Kinetics* 1996.
- Verjoshansky I.V. Entrenamiento Deportivo: Planificación y Programación. Ediciones Martínez Roca S.A. 1990.
- Ross WD, Marfell-Jones MJ. Kinanthropometry. In: J.D. MacDougall, H.A, Wenger, y H.J, Geen (Eds). *Physiological testing of elite athlete*. London, Human Kinetics 1991: 223–308.
- Boileau AR, Lohman TG, Slaughter MH. Exercise and body composition in children and youth. *Scan. J. Sport Sci* 1985; 7: 17–27.
- Mirwald RL, Baxter-Jones ADG, Bailey DA, Beunen GP. An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Med Sci Sports Exerc* 2002; 34(4): 689–694.
- Drozdowska B, Munzer U, Adamczyk P, Pluskiewicz W. Skeletal Status Assessed by Quantitative Ultrasound at the Hand Phalanges in Karate Training Males. *Ultrasound in Medicine and Biology* 2011; 37(2): 214–219.
- Suárez Cortina L, Moreno Villares JM, Martínez Suárez V, Aranceta Bartrina J, Dalmau Serra J, Gil Hernández A, Lama More R, Martín Mateos MA, Pavón Belinchón P. Ingesta de calcio y densidad mineral ósea en una población de escolares españoles (estudio CADO) *An Pediatr (Barc)*. 2011; 74(1): 3–9.
- Halaba ZP, Pluskiewicz W. Quantitative ultrasound in the assessment of skeletal status in children and adolescents. *Ultrasound Med Biol* 2004; 30, 2: 239–43.
- Baroncelli GI, Federico G, Bertelloni S, et al. Bone quality assessment by quantitative ultrasound of proximal phalanges of the hand in healthy subjects aged 3–21 years. *Pediatr Res* 2001; 49(5): 713–718.
- Barkmann R, Rohrschneider W, Vierling M, et al. German pediatric reference data for quantitative transverse transmission ultrasound of finger phalanges. *Osteopor Int* 2002; 13: 55–61.
- Sundberg M, Gärdsell P, Johnell O, Ornstein E, Sernbo I. Comparison of quantitative ultrasound

- measurements in calcaneus with DXA and SXA at other skeletal sites: A population-based study on 280 children aged 11 – 16 years. *Osteoporos Int* 1998;8:410–417
26. Glastre C, Braillon P, David L, Cochat P, Meunier P, Delmas P. Measurement of bone mineral content of the lumbar spine by dual energy x-ray absorptiometry in normal children: correlations with growth parameters. *J Clin Endocrinol Metab* 1990;7:1330-1333.
 27. Southard RN, Morris JD, Mahan JD, Hayes JR, Torch MA, Sommer A, et al. Bone mass in healthy children: measurement with quantitative DXA. *Radiology* 1991;179:735-738.
 28. Bailey DA, Faulkner RA, McKay HA. Growth, physical activity and bone mineral acquisition. *Exer Sports Sc Rev* 1996; 24:234 –266.
 29. Slemenda CW, Miller JZ, Hui SL, Reister TK, Johnston CC. Role of physical activity in the development of skeletal mass in children. *J Bone Miner Res* 1991; 6:1227–1233.
 30. Vignolo M, Torrisi C, Parodi A, Becchetti F, Terlizzi F, Aicardi G. Skeletal Age as a Determinant of Phalangeal Quantitative Ultrasound Measures of Bone Quality in Children and Adolescents. *The Open Bone Journal* 2010; 2:38-42.
 31. Nindl BC, Kraemer WJ, Emmert WH, et al. Comparison of body composition assessment among lean black and white male collegiate athletes. *Med. Sci. Sports Exerc* 1998;30(5):769 –776.
 32. Nazarian AB, Khayambashi K, Rahnama N, Salamat MR. The Comparison of Bone Mineral Density in Lumbar Spines and Femoral Bone between Professional Soccer Players and Non-Athlete Subjects. *World J. Sport Sci* 2009; 2(2):106-111.
 33. Jones G, Dwyer T. Bone mass in prepuberal children: Gender differences and the role of physical activity and sunlight exposure. *Journal of clinical endocrinology and metabolism* 1998; 83: 4274-4279.
 34. Khan K, McKay HA, Kannus P, Bailey D, Wark J, Bennell KL. Physical activity and bone health. *United States: Human Kinetics* 2001;87-97.
 35. Emslander HC, Sinaki M, Muhs JM, et al. Bone mass and muscle strength in female college athletes (runner and swimmers). *Clin. Proc* 1998;73:1151–1160.